



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**
⑯ **DE 197 34 494 C 1**

⑯ Int. Cl. 6:
F 02 D 21/08

⑯ Aktenzeichen: 197 34 494.1-13
⑯ Anmeldetag: 8. 8. 97
⑯ Offenlegungstag: -
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 10. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,
DE

⑯ Erfinder:

Gärtner, Uwe, Dipl.-Ing., 73630 Remshalden, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 43 37 313 C1
EP 05 74 614 A1

⑯ Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine

⑯ Beim Betrieb einer Brennkraftmaschine kann durch Rückführung von Abgasen aus einer Abgasleitung durch einen Abgasrückführungskanal in eine Einlaßleitung die Abgasemission gesenkt werden. Eine Reglereinheit regelt die Rückführrate unter Angleich eines ermittelten Ist-Wertes an betriebspunktabhängig vorgegebene Sollwerte und steuert ein Abgasrückführungsvorrichtung mit variabel einstellbarem Durchgangsquerschnitt.

Um eine maximale Emissionsenkung durch Abgasrückführung mit einer möglichst genauen Erfassung und Regelung der Abgasrückführungsrate zu ermöglichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß in den Gasströmen jeweils vor und nach der Einmündung des Abgasrückführungskanals in die Einlaßleitung der jeweilige Sauerstoffgehalt gemessen wird und die Reglereinheit aus den Meßergebnissen die Rückführrate exakt ermittelt.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Brennkraftmaschine nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche 1 und 8.

Beim Betrieb einer Brennkraftmaschine ist die Abgasrückführung als wirkungsvolles Mittel zur Emissionssenkung bekannt. Durch Zumischen von bereits verbrannten Abgasen zum Frischgas vor der Verbrennung wird insbesondere die temperaturabhängige Stickstoffoxid-Emission reduziert. Üblicherweise wird durch einen Abgasrückführungskanal aus einer Abgasleitung der Brennkraftmaschine Abgas in eine Einlaßleitung rückgeführt. Die Rückführrate des Abgases, d. h. die Menge des anteilig dem Frischluftstrom in der Einlaßleitung beigemischten Abgasstroms im Verhältnis zur Verbrennungsluftmenge, wird von einer Reglereinheit unter Angleich an betriebspunktabhängig vorgegebene Sollwerte geregelt. Eine Erhöhung der Abgasrückführungsrate mit der Absicht einer weiteren Reduzierung der Stickstoffoxid-Emission wird eine betriebspunktabhängig unterschiedliche Grenze gesetzt, nämlich durch die oberhalb dieser zulässigen Rückführrate zunehmende Ruß- bzw. Partikelemission, dem Kraftverbrauch sowie durch die Verschlechterung der Laufruhe der Brennkraftmaschine.

Die Durchführung einer Regelung der Abgasrückführungsrate erfordert die laufende Erfassung der jeweiligen Rückführungsverhältnisse im Betrieb der Brennkraftmaschine. Einfache Steuerverfahren der rückgeführten Abgasmenge, etwa durch betriebspunktabhängige Steuerung des Abgasrückführungsventils mit einstellbarem Öffnungshub, können die Abgasemissionen nur unbefriedigend absenken, da die Rückführungsrate im jeweiligen Betriebspunkt deutlich unterhalb des optimalen Sollwertes liegen muß, um das ohne Rückmeldung des Abgasdurchflusses sonst häufige Übertreten der Rußgrenze und die entsprechend hohen Emissionen zu vermeiden.

Aus der EP-0 574 614 A1 ist ein Verfahren zur Regelung der Abgasrückführungsrate bekannt, welches zur Bestimmung des Ist-Wertes des rückgeführten Abgasmassenstroms den Druckabfall an einer Venturi-Düse in dem Abgasrückführungskanal mißt und aus der Druckdifferenz den Durchfluß ermittelt. Da jedoch die Rückströmung des Abgases durch den Abgasrückführungskanal vom Druckgefälle zwischen Abgasleitung und Einlaßleitung der Brennkraftmaschine getrieben wird, verringert der Druckverlust an der Venturi-Düse das zur Rückführung zur Verfügung stehende Druckgefälle. Dabei wird die mögliche Abgasrückführungsrate verringert und es kann in vielen Betriebspunkten der Brennkraftmaschine nicht die optimale Reduzierung der Abgasemissionen erreicht werden. Darüber hinaus ist die Bestimmung des Abgasdurchflusses durch den Abgasrückführungskanal über die Messung des Differenzdruckes sehr ungenau, da genaue Messungen an der Venturi-Düse laminare Strömungsverhältnisse voraussetzen, welche im Abgas von Brennkraftmaschinen praktisch nicht vorkommen. Die mehr oder weniger turbulent auftretenden Abgasströmungen unterschiedlicher Brennkraftmaschinen, insbesondere im Betrieb von aufgeladenen Brennkraftmaschinen, verhindern eine effektive Regelung der Rückführungsrate mit dem bekannten Verfahren.

Die DE 43 37 313 C1 schlägt zur Erfassung der rückgeführten Abgasmenge vor, den Absolutdruck und die Temperatur in der Abgasleitung der Brennkraftmaschine zu messen. Zur Ermittlung der Rückführrate wird als Meßwert neben dem statischen Druck auch der Staudruck des Abgases benötigt. Mit dem bekannten Verfahren ist jedoch eine genaue Bestimmung der Rückführrate, welche für eine opti-

male Regelung unerlässlich ist, kaum möglich, da die erforderlichen Temperatur- und Druckmeßfühler von sehr hohen Abgastemperaturen beaufschlagt werden. Darüber hinaus führt der hohe Rußpartikelgehalt des Abgases zu einer zunehmenden Verstopfung der Meßfühler mit zunehmender Betriebszeit der Brennkraftmaschine, wodurch die Meßergebnisse zunehmend ungenauer werden und somit letztendlich höhere Abgasemissionen verursacht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine maximale Emissionssenkung der Brennkraftmaschine durch Abgasrückführung mit einer möglichst genauen Erfassung und Regelung der Abgasrückführungsrate zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder durch die Ausgestaltung einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruches 8 gelöst.

Bei dem Verbrennungsvorgang in der Brennkraftmaschine werden die Kohlenwasserstoffe des Kraftstoffes unter Energiefreisetzung mit Sauerstoff chemisch verbunden. Das Abgas enthält daher erheblich weniger Sauerstoff als die Frischluft, welche der Brennkraftmaschine beim Ladungswechsel zugeführt wird. Die Rückführung des sauerstoffarmen Abgases führt zu einer Reduzierung der Sauerstoffkonzentration im letztlich der Brennkraftmaschine zugeführten Verbrennungsluftstrom gegenüber der angesaugten Frischluft. Erfundungsgemäß wird in den Gasströmen jeweils vor und nach der Einmündung des Abgasrückführungskanals in die Einlaßleitung der jeweilige Sauerstoffgehalt von entsprechend in den jeweiligen Gasstrom einragenden Sauerstoffsensoren gemessen. Die Meßsignale der Sauerstoffsensoren werden der Eingangsseite der Reglereinheit zugeführt, welche aus den Meßergebnissen die Differenz der Sauerstoffkonzentrationen bestimmt und daraus die vorliegende Rückführrate im Abgasrückführungs-Betrieb der Brennkraftmaschine ermittelt. Vorteilhaft erfolgen die Messungen der jeweiligen Sauerstoffgehalte im Verbrennungsluftstrom vor dem Eintritt in die Brennkraftmaschine einerseits und im Abgasstrom andererseits, wodurch aus den Meßergebnissen die jeweils rückgeführte Abgasmenge aufgrund physikalischer Zusammenhänge präzise bestimmbar ist.

Unter Einbeziehung der Rückführungsrate und des Sauerstoffgehaltes im Abgas kann die Reglereinheit das Verbrennungsluftverhältnis bei der Gemischbildung in der Brennkraftmaschine regeln, d. h. das Verhältnis der beim Verbrennungsvorgang verfügbaren Sauerstoffmenge zur erforderlichen Menge für eine vollständige Kraftstoffverbrennung, wobei die Reglereinheit ein weiteres Stellglied ansteuert, welches auf den Frischluftstrom vor der Einmündung des rückgeführten Abgasstromes wirkt. Das Stellglied kann eine Drosselklappe in der Einlaßleitung sein oder auch beispielsweise beim Einsatz der Erfindung für aufgeladene Brennkraftmaschinen eine variable Turbinengeometrie des Abgassturbolators.

Eine besonders genaue Regelung des Verbrennungsluftverhältnisses wird erreicht, wenn die Reglereinheit alternativ oder zusätzlich zum Stellglied mit Wirkung auf den Frischluftstrom die Kraftstoffzumessung einstellt.

Zur präzisen Regelung wird der Reglereinheit betriebspunktabhängig ein Sollwert des Verbrennungsluftverhältnisses vorgegeben, welcher aufgrund der genauen Erfassung der Rückführungsrate im Bereich der maximal rückführbaren Abgasmenge liegt.

In einem Kennfeldspeicher sind vorteilhaft für eine Vielzahl von Betriebspunkten der Brennkraftmaschine die betrieboptimalen Sollwerte abgelegt, welche die Reglereinheit bedarfsweise als Führungsgröße für die Regelung entnimmt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert.

Die einzige Zeichnungfigur zeigt eine aufgeladende Brennkraftmaschine 1 mit sechs Zylindern Z1 bis Z6 in Reihenanordnung. Jedem der Zylinder Z1 bis Z6 wird jeweils über einen Zylindereinlaß 13 Verbrennungsluft zugeführt. Die Abgase werden jeweils über einen Zylinderauslaß 14 ausgeschoben und durch eine gemeinsame Abgasleitung 4 abgeführt. Ein Abgasturbolader 2 verdichtet atmosphärische Frischluft 22 und drängt über eine Einlaßleitung 3 die Ladeluft in eine Ladeluftleitung 3', welche die Zylindereinlässe 13 aller Zylinder Z1 bis Z6 speist. Eine Turbine 15 des Abgasturboladers 2 ist in bekannter Weise in der Abgasleitung 4 angeordnet und wird vom Abgasstrom 23 durchströmt. Über eine Laderwelle 17 treibt die Turbine 15 einen Ladeluftverdichter 16 an. In der Einlaßleitung 3 ist ein Ladeluftkühler 25 angeordnet, welcher den verdichteten Frischluftstrom vor dem Eintritt in die Ladeluftleitung 3' kühlt. Der Anströmquerschnitt der Turbine 15 des Abgasturboladers 2 ist durch entsprechende Stellmaßnahmen an einer Leitvorrichtung 9 variabel einstellbar. Durch Verstellung des Turbinenleitgitters über die Leitvorrichtung 9 der Turbine wird die Drehzahl der mechanisch starr über die Laderwelle 17 verbundenen Strömungsmaschinen 15, 16 und damit der Durchsatz des Frischluftstroms 22 am Verdichter 16 und die Verdichterleistung beeinflußt.

Über einen Abgasrückführungskanal 5 ist aus der Abgasleitung 4 der Brennkraftmaschine zur Emissionssenkung ein Teilstrom in die Einlaßleitung 3 rückführbar, insbesondere die temperaturabhängige Stickstoffoxid-Emission kann durch Abgasrückführungsbetrieb gesenkt werden, wobei in dem Abgasrückführungskanal 5 zur Abkühlung des rückgeführten Abgasstromes vor der Einmündung in die Einlaßleitung 3 und die dort erfolgende Vermischung mit dem verdichteten Frischluftstrom ein Abgaskühler 24 angeordnet ist. Nach der Einmündung 12 des Abgasrückführungskanals 5 in die Einlaßleitung 3 strömt der aus Frischluft und rückgeführtem Abgas bestehende Ladeluftstrom in die Ladeluftleitung 3' ein.

Zur Dosierung der rückgeführten Abgasmenge ist in dem Abgasrückführungskanal 5 ein Abgasrückführungsventil 8 mit variabel einstellbarem Durchgangsquerschnitt angeordnet. Das Abgasrückführungsventil 8 wird von einer Reglereinheit mit einem Stellsignal 18 angesteuert, welches in Abhängigkeit vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 erzeugt wird. Der vorliegende Betriebspunkt der Brennkraftmaschine während des Betriebes wird in für sich bekannter Weise der Reglereinheit 6 durch Zuleitung entsprechender Betriebsparameter wie Drehzahl, Betriebslast usw. angezeigt. Die maximal rückführbare Abgasmenge ist abhängig vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine unterschiedlich, wobei ein überschreiten der zulässigen Rückführrate, d. h. im Verhältnis der dem Frischluftstrom beigemischten Abgasmenge zu einer deutlichen Verschlechterung der Abgasemission durch Zunahme des Rußgehaltes des Abgases und darüber hinaus zu einer Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs der Brennkraftmaschine führt.

Zur maximalen Emissionsenkung im Betrieb der Brennkraftmaschine 1 durch Abgasrückführung wird die Rückführrate von der Reglereinheit mit Stellmaßnahmen am Abgasrückführungsventil 8 über das Stellsignal 18 geregelt, wobei die betriebspunktspezifisch optimale Rückführrate als Führungsgröße vorgegeben wird. Die Reglereinheit 6 entnimmt die Führungsgröße 26 für die Regelung einem Kennfeldspeicher 7, in dem für eine Vielzahl von Betriebspunkten der Brennkraftmaschine die betrieboptimalen Sollwerte abgelegt sind. Der genaue Ist-Wert der Rückführrate wird von der Reglereinheit 6 aus den Meßergebnissen

zweier Sauerstoff-Sensoren 10, 11 ermittelt, welche einerseits in der Einlaßleitung 3 nach der Einmündung 12 des Abgasrückführungskanals 5 und andererseits in der Abgasleitung 4 der Brennkraftmaschine 1 angeordnet sind. Die 5 Sauerstoff-Meßsonden 10, 11 messen den jeweiligen Sauerstoffgehalt des Abgasstroms vor der Einmündung 12 in die Einlaßleitung 3 und des Verbrennungsluftstroms nach der Einmündung 12 und erzeugen jeweils ein Meßsignal 20, 21, welches der Reglereinheit 6 zur Auswertung zugeführt wird. 10 Aus dem Meßsignal 21 des Sauerstoffsensors 11 in der Abgasleitung 4 und dem Meßsignal 20 des Sauerstoffsensors 10 in der Einlaßleitung 3, welches den Sauerstoffgehalt des in die Zylinder Z1 bis Z6 einströmenden Verbrennungsluftstroms repräsentiert, welcher aus der verdichteten Frischluft und rückgeführtem Abgas besteht, ermittelt die Reglereinheit 6 den präzisen Ist-Wert der Rückführrate R nach der folgenden Zuordnungsvorschrift:

$$R = \frac{1}{\frac{[11] - [10]}{[10] - 0,23} + 1}$$

25 wobei R das Verhältnis der rückgeführten Abgasmenge zur gesamten Verbrennungsluftmenge bezeichnet, [11] den Sauerstoffgehalt des Abgasstroms repräsentiert durch das Meßsignal des Sauerstoffsensors 11 und [10] den Sauerstoffgehalt der Verbrennungsluft darstellt, welcher aus dem Meßsignal des Sauerstoffsensors 10 in der Einlaßleitung 3 der Brennkraftmaschine 1 mit Aussage über den Sauerstoffgehalt der Verbrennungsluft ermittelt wird. Der Sauerstoffgehalt des verdichteten Frischluftstroms 22 in der Einlaßleitung 3 liegt durch den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre fest und ist in der Größengleichung mit 23% (Gew.-%) angegeben.

30 Wie die Zuordnungsvorschrift zeigt, zieht die Reglereinheit 6 die jeweilige Differenz der Sauerstoffkonzentrationen zwischen Frischluft und Verbrennungsluft einerseits sowie Verbrennungsluft und Abgas andererseits zur Ermittlung der Rückführrate heran. Die Abgasrückführrate R kann in einfachen Anwendungsfällen aus den Meßergebnissen im Aufbau einfacher Differenzmeßsonden ermittelt werden, welche entsprechend in den auszumessenden Leitungen angeordnet 35 sind und wie oben die Differenz der jeweiligen Sauerstoffgehalte bestimmen.

35 Die Bestimmung der Absolutwerte des Sauerstoffgehaltes in der Verbrennungsluft (Sensor 10) und in dem Abgas (Sensor 11) gemäß dem Ausführungsbeispiel ermöglicht jedoch der Reglereinheit 6 zusätzlich die Regelung des Verbrennungsluftverhältnisses bei der Gemischbildung in den Zylindern Z1 bis Z6 der Brennkraftmaschine 1 unter Einbeziehung des vorher präzise ermittelten Ist-Wertes der Rückführungsrate R und des Sauerstoffgehaltes im Abgas. Die Reglereinheit erzeugt ein Stellsignal 19 für die Leitvorrichtung 9 des Abgasturboladers 2 und wirkt über den Anströmquerschnitt der Turbine 15 für den Abgasstrom auf den Frischluftmassenstrom 22 auf der Verdichterseite ein. In dem Regelkreis wird das Verbrennungsluftverhältnis an einen betriebspunktspezifisch vorgegebenen Sollwert angeglichen, welcher wie die Sollwerte der Rückführungsrate dem Kennfeldspeicher 7 entnommen wird. Der genaue Ist-Wert des Verbrennungsluftverhältnisses λ_{AGR} im Abgasrückführungsbetrieb wird mit der zuvor bestimmten Rückführrate R 60 nach der folgenden Größengleichung ermittelt:

$$\lambda_{AGR} = \lambda \left(1 + \frac{[11]}{0,23} \cdot \frac{R}{1-R} \right)$$

5
 λ bezeichnet dabei das Verbrennungsluftverhältnis ohne Berücksichtigung des über den Rückführkanal 5 zurückgeführten zusätzlichen Sauerstoffes.

Es errechnet sich nach der folgenden Beziehung:

$$\lambda = \frac{\frac{[11]}{14,5} + 0,23}{0,23 - [11]},$$

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200
205
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290
295
300
305
310
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365
370
375
380
385
390
395
400
405
410
415
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540
545
550
555
560
565
570
575
580
585
590
595
600
605
610
615
620
625
630
635
640
645
650
655
660
665
670
675
680
685
690
695
700
705
710
715
720
725
730
735
740
745
750
755
760
765
770
775
780
785
790
795
800
805
810
815
820
825
830
835
840
845
850
855
860
865
870
875
880
885
890
895
900
905
910
915
920
925
930
935
940
945
950
955
960
965
970
975
980
985
990
995
1000
1005
1010
1015
1020
1025
1030
1035
1040
1045
1050
1055
1060
1065
1070
1075
1080
1085
1090
1095
1100
1105
1110
1115
1120
1125
1130
1135
1140
1145
1150
1155
1160
1165
1170
1175
1180
1185
1190
1195
1200
1205
1210
1215
1220
1225
1230
1235
1240
1245
1250
1255
1260
1265
1270
1275
1280
1285
1290
1295
1300
1305
1310
1315
1320
1325
1330
1335
1340
1345
1350
1355
1360
1365
1370
1375
1380
1385
1390
1395
1400
1405
1410
1415
1420
1425
1430
1435
1440
1445
1450
1455
1460
1465
1470
1475
1480
1485
1490
1495
1500
1505
1510
1515
1520
1525
1530
1535
1540
1545
1550
1555
1560
1565
1570
1575
1580
1585
1590
1595
1600
1605
1610
1615
1620
1625
1630
1635
1640
1645
1650
1655
1660
1665
1670
1675
1680
1685
1690
1695
1700
1705
1710
1715
1720
1725
1730
1735
1740
1745
1750
1755
1760
1765
1770
1775
1780
1785
1790
1795
1800
1805
1810
1815
1820
1825
1830
1835
1840
1845
1850
1855
1860
1865
1870
1875
1880
1885
1890
1895
1900
1905
1910
1915
1920
1925
1930
1935
1940
1945
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
2035
2040
2045
2050
2055
2060
2065
2070
2075
2080
2085
2090
2095
2100
2105
2110
2115
2120
2125
2130
2135
2140
2145
2150
2155
2160
2165
2170
2175
2180
2185
2190
2195
2200
2205
2210
2215
2220
2225
2230
2235
2240
2245
2250
2255
2260
2265
2270
2275
2280
2285
2290
2295
2300
2305
2310
2315
2320
2325
2330
2335
2340
2345
2350
2355
2360
2365
2370
2375
2380
2385
2390
2395
2400
2405
2410
2415
2420
2425
2430
2435
2440
2445
2450
2455
2460
2465
2470
2475
2480
2485
2490
2495
2500
2505
2510
2515
2520
2525
2530
2535
2540
2545
2550
2555
2560
2565
2570
2575
2580
2585
2590
2595
2600
2605
2610
2615
2620
2625
2630
2635
2640
2645
2650
2655
2660
2665
2670
2675
2680
2685
2690
2695
2700
2705
2710
2715
2720
2725
2730
2735
2740
2745
2750
2755
2760
2765
2770
2775
2780
2785
2790
2795
2800
2805
2810
2815
2820
2825
2830
2835
2840
2845
2850
2855
2860
2865
2870
2875
2880
2885
2890
2895
2900
2905
2910
2915
2920
2925
2930
2935
2940
2945
2950
2955
2960
2965
2970
2975
2980
2985
2990
2995
3000
3005
3010
3015
3020
3025
3030
3035
3040
3045
3050
3055
3060
3065
3070
3075
3080
3085
3090
3095
3100
3105
3110
3115
3120
3125
3130
3135
3140
3145
3150
3155
3160
3165
3170
3175
3180
3185
3190
3195
3200
3205
3210
3215
3220
3225
3230
3235
3240
3245
3250
3255
3260
3265
3270
3275
3280
3285
3290
3295
3300
3305
3310
3315
3320
3325
3330
3335
3340
3345
3350
3355
3360
3365
3370
3375
3380
3385
3390
3395
3400
3405
3410
3415
3420
3425
3430
3435
3440
3445
3450
3455
3460
3465
3470
3475
3480
3485
3490
3495
3500
3505
3510
3515
3520
3525
3530
3535
3540
3545
3550
3555
3560
3565
3570
3575
3580
3585
3590
3595
3600
3605
3610
3615
3620
3625
3630
3635
3640
3645
3650
3655
3660
3665
3670
3675
3680
3685
3690
3695
3700
3705
3710
3715
3720
3725
3730
3735
3740
3745
3750
3755
3760
3765
3770
3775
3780
3785
3790
3795
3800
3805
3810
3815
3820
3825
3830
3835
3840
3845
3850
3855
3860
3865
3870
3875
3880
3885
3890
3895
3900
3905
3910
3915
3920
3925
3930
3935
3940
3945
3950
3955
3960
3965
3970
3975
3980
3985
3990
3995
4000
4005
4010
4015
4020
4025
4030
4035
4040
4045
4050
4055
4060
4065
4070
4075
4080
4085
4090
4095
4100
4105
4110
4115
4120
4125
4130
4135
4140
4145
4150
4155
4160
4165
4170
4175
4180
4185
4190
4195
4200
4205
4210
4215
4220
4225
4230
4235
4240
4245
4250
4255
4260
4265
4270
4275
4280
4285
4290
4295
4300
4305
4310
4315
4320
4325
4330
4335
4340
4345
4350
4355
4360
4365
4370
4375
4380
4385
4390
4395
4400
4405
4410
4415
4420
4425
4430
4435
4440
4445
4450
4455
4460
4465
4470
4475
4480
4485
4490
4495
4500
4505
4510
4515
4520
4525
4530
4535
4540
4545
4550
4555
4560
4565
4570
4575
4580
4585
4590
4595
4600
4605
4610
4615
4620
4625
4630
4635
4640
4645
4650
4655
4660
4665
4670
4675
4680
4685
4690
4695
4700
4705
4710
4715
4720
4725
4730
4735
4740
4745
4750
4755
4760
4765
4770
4775
4780
4785
4790
4795
4800
4805
4810
4815
4820
4825
4830
4835
4840
4845
4850
4855
4860
4865
4870
4875
4880
4885
4890
4895
4900
4905
4910
4915
4920
4925
4930
4935
4940
4945
4950
4955
4960
4965
4970
4975
4980
4985
4990
4995
5000
5005
5010
5015
5020
5025
5030
5035
5040
5045
5050
5055
5060
5065
5070
5075
5080
5085
5090
5095
5100
5105
5110
5115
5120
5125
5130
5135
5140
5145
5150
5155
5160
5165
5170
5175
5180
5185
5190
5195
5200
5205
5210
5215
5220
5225
5230
5235
5240
5245
5250
5255
5260
5265
5270
5275
5280
5285
5290
5295
5300
5305
5310
5315
5320
5325
5330
5335
5340
5345
5350
5355
5360
5365
5370
5375
5380
5385
5390
5395
5400
5405
5410
5415
5420
5425
5430
5435
5440
5445
5450
5455
5460
5465
5470
5475
5480
5485
5490
5495
5500
5505
5510
5515
5520
5525
5530
5535
5540
5545
5550
5555
5560
5565
5570
5575
5580
5585
5590
5595
5600
5605
5610
5615
5620
5625
5630
5635
5640
5645
5650
5655
5660
5665
5670
5675
5680
5685
5690
5695
5700
5705
5710
5715
5720
5725
5730
5735
5740
5745
5750
5755
5760
5765
5770
5775
5780
5785
5790
5795
5800
5805
5810
5815
5820
5825
5830
5835
5840
5845
5850
5855
5860
5865
5870
5875
5880
5885
5890
5895
5900
5905
5910
5915
5920
5925
5930
5935
5940
5945
5950
5955
5960
5965
5970
5975
5980
5985
5990
5995
6000
6005
6010
6015
6020
6025
6030
6035
6040
6045
6050
6055
6060
6065
6070
6075
6080
6085
6090
6095
6100
6105
6110
6115
6120
6125
6130
6135
6140
6145
6150
6155
6160
6165
6170
6175
6180
6185
6190
6195
6200
6205
6210
6215
6220
6225
6230
6235
6240
6245
6250
6255
6260
6265
6270
6275
6280
6285
6290
6295
6300
6305
6310
6315
6320
6325
6330
6335
6340
6345
6350
6355<br

- Leerseite -

